

舟山现代滨岸滩脊(坝)沟槽体系 迁移与沉积特征*

朱静昌 张国栋 王益友 颜建平
(同济大学, 上海)

提要 本文通过对舟山地区高波能、中等潮差滨岸带的研究指出:(1)滩脊(坝)沟槽体系是卷跃浪产生的涡流作用下形成的;(2)滩脊(坝)沟槽体系形成后,主要在上冲流加积作用下向岸迁移;(3)迁移系根据它所处的滨岸位置、水动力特征、微地貌形态和沉积构造划分四个阶段,即初始形成阶段;板状前积纹层发育阶段;冲洗沙坝发育阶段和滩肩形成阶段。

本文还讨论了滩脊(坝)沟槽体系垂向层序特征和保存情况,这将为寻找类似的古代沉积物提供某些依据。

在陆源沉积物中,滨岸沉积是一种颇为重要的沉积类型,滨岸砂体的含油气在地层圈闭中亦占有很大的比重^[8]。滨岸沉积的研究开展较早,其中以 Clifton, Komar, Davis 等人的研究为代表^[2,3,6]。过去的研究大都局限在一般水动力分带、亚相带划分等方面,而对滨岸沉积物中最活跃的滩脊(坝)迁移则涉及很少。其实,滩脊(坝)的沉积是构成滨岸沉积物垂向层序的重要组分,也是分析和对比类似的古代沉积物时的一项重要标志。为此,本文重点对滩脊(坝)的迁移和沉积特征作一分析。

一、影响滩脊(坝)沟槽体系形成的主要因素

影响滩脊(坝)沟槽体系形成的主要因素是滨岸带水动力条件、沉积物来源和微地貌形态。这三者不仅是形成滨岸沉积必不可少的条件,同时也决定了脊槽体系的发育状况。

1. 水动力条件

舟山诸岛以波浪为主,尤其是普陀岛、朱家尖岛东岸,面向大海,海域开阔,坡陡、水深、浪大,波浪可直抵岸边,形成典型高能带滨岸沉积,因而滩脊(坝)沟槽体系也最为发育(图1,图版1:1)。相反,西岸属波影区,坡缓、水浅、浪小、波能低,形成泥滩沉积,滩脊(坝)沟槽体系不发育。

其次潮汐作用,舟山地区属正规半日潮类型,平均潮差为2.4—3.5m。按 J. L. Davis 潮差对海岸地貌的分类,属中等潮差区。潮汐的强弱或潮差的大小,不但直接影响脊槽体系垂向层序的厚薄、沉积构造类型的差异,而且使不同的动力带随潮汐周期而变动。潮波变形有利于沉积物向岸迁移。

* 工作中得到严钦尚教授的热情指导,舟山驻军的大力支持;参加野外调查和部分室内工作的还有周永灵同志,谨致谢意。

收稿日期:1985年6月6日。

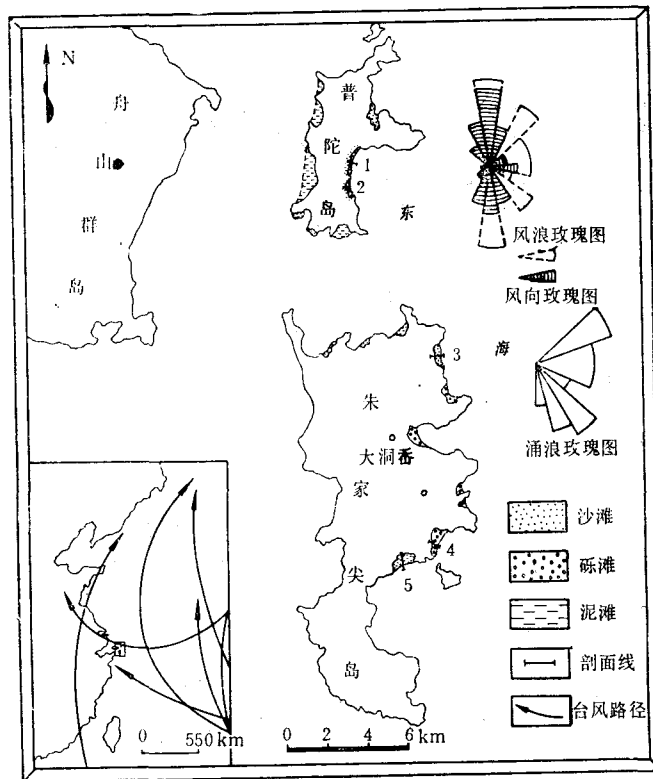


图1 普陀岛、朱家尖岛海滩分布、剖面位置及台风路径

Fig.1 The coastal distribution and sectional localities of Putuo Island, Zhujiajian Island and track of typhoon

1.千步沙; 2.百步沙; 3.大沙里; 4.东沙; 5.南沙。

2. 沉积物来源与供应程度

滩脊槽体系的发育程度还与沉积物来源和供应量有关,物源的丰度结合水动力条件决定了堆积速度的快慢。

经分析,舟山滨岸沉积的物源主要由本岛残积、崩积、坡积和小溪流冲积的物质(砾、粗-细沙为主)提供^[4]。由于东西两岸波浪作用强弱悬殊,堆积物有很大差异。东岸港湾内,波浪冲蚀淘洗作用强烈,近岸上部和前滨大都是较粗物质经改造后堆积的,因此发育了沙滩和砾滩;而西岸港湾内,近滨、前滨(或潮下带)及潮间带大体为细粒物所覆盖,仅在后滨或潮上带才有粗粒物分布,故泥滩发育。

对比东西两岸情况,东岸波浪能量较大,滨岸的物源丰富,显然为滩脊(坝)沟槽体系发育提供了良好条件。

3. 微地貌形态

在滨岸沉积区,微地貌体、滩坡和水下岸坡也是影响脊槽体系形成的重要因素之一。

分析环绕普陀岛、朱家尖岛的小港湾和外侧较深的航道情况可知:四周外侧的深水道原属海侵前的山间河谷地形,全新世海侵以来,成为潮流和海流依循的主要通道,并将原来谷地予以拓宽成槽,底部覆有泥质粉沙堆积。至于紧靠岛屿的小港湾,因有突出的岬

角,对潮流和海流起了屏障隐蔽作用,致使原来的集水盆地成为现在滨岸快速堆积的场所。沉积物堆积在小港湾内,向海坡度、微地形起伏,不仅直接影响到浅水区水动力分带的宽窄,而且还直接控制着破浪带的位置,决定了滩脊发育程度,即形成单列大型滩脊还是多列小型滩脊,以及向陆迁移的速度。

二、滩脊(坝)的迁移与沉积特征

1. 滨岸区水动力分带及其对滩脊(坝)形成的重要意义

波能是控制滨岸发育和变化的主要因素。根据波能可对沙滩进行水动力带划分(图2),向陆方向依次可分为破浪带、碎浪带和冲洗带(图版1:2)。波浪斜射滨岸还会产生沿岸流。滨岸区沙的搬运方向、运动轨迹严格受水动力条件的支配,是水动力条件综合效应的结果。因而,不同水动力分带,常形成不同的微地貌形态、粒度分布,以及与不同类型波浪相对应的层理构造、生物组合等,反过来这些特征又为进一步划分滨岸沙丘、后滨、前滨和近滨亚相带提供了依据(图3)。

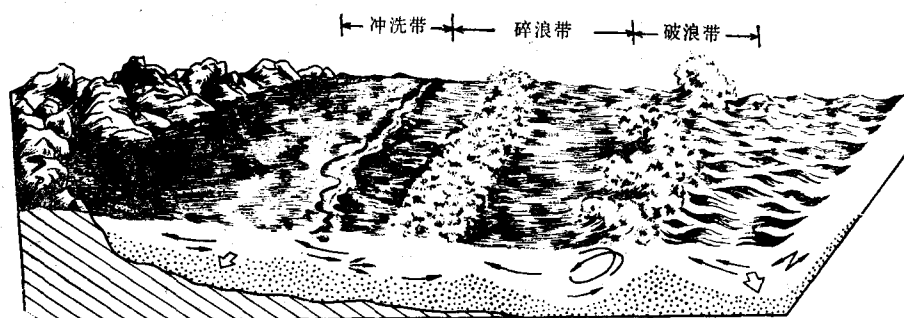


图2 普陀岛滨岸区水动力状况和沉积物颗粒运动示意

Fig.2 Schematic representation of hydraulic regime and motion of sediment grains in coastal region, Putuo Island

在上述水动力分带或亚相带中,近滨带形成的沿岸沙坝和前滨带形成的滩脊沟槽体系呈多列或单列出现,在地形上它们平行海岸线作凸起和凹陷规律的分布,其规模甚至较大。据朱家尖岛东岸沙滩实地调查,滩脊大者高约1.5m,宽约25m,延长千米以上;其沉积物粒径粗,分选较好,并有一套代表性层理组合。因此,它们在滨岸沉积中是一个较典型的沉积单元,且在垂向层序中又占有一定比重,故是分析古代类似沉积的重要标志之一。

2. 破浪带中滩脊(坝)的形成和迁移

观察滨岸地区的破浪带与碎浪带最引人注目,即是在正常天气条件下也甚为壮观,伴随着波涛巨浪形成白浪翻滚。这里既有卷跃浪,也有崩顶浪和上涌浪(Surging)^[6]。Robert等根据水力试验,提出卷跃浪水动力状态主要是涡流作用^[7](图4)。分析本区坡度和涌浪强度,破浪带以卷跃浪为主,向岸渐次过渡为上涌浪。卷跃浪产生涡流比崩顶浪能量要强而形成脊槽体系。

破浪中形成的涡流,首先刻蚀其下方滩面,并将裹挟的大量细粒物质以悬浮状态向海

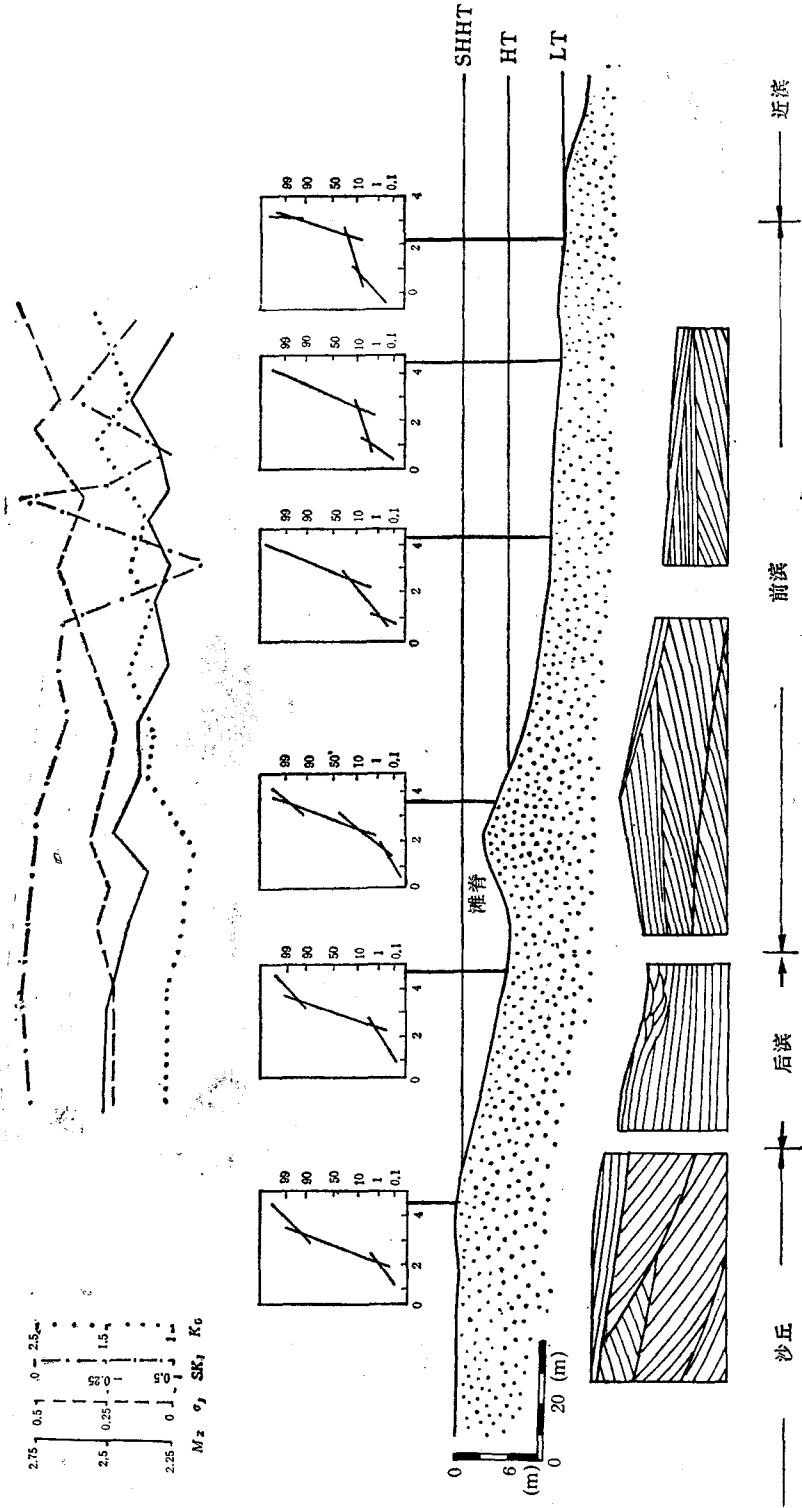


图 3 朱家尖岛南沙海滩实测剖面
Fig. 3 Measure section across Nansha coast, Zhujiajian Island

搬运,粗粒物质选择滩面适宜部位(低压上升区)堆积下来,形成原始滩脊(坝)和沟槽;同时,沟槽中的沿岸流又对滩脊(坝)加以修饰改造,使它逐步从雏形增长、扩大,直至发育成一个完整的滩脊(坝)。

滩脊(坝)沟槽体系形成之后,并非就此终止,而是在不断地向陆迁移和变化。促使迁移的因素很多,主要是波浪,尤其是暴风浪的向岸作用和上冲流作用。

3. 滩脊(坝)沟槽体系迁移的阶段划分

依据滩脊(坝)沟槽在滨岸区的位置,水动力条件变化、微地貌形态及层理构造,可将滩脊(坝)沟槽体系的迁移过程划分为四个阶段。而据我们实地观察和对当地采沙厂调查,各阶段沉积特征又明显不同,并可同 Dabrio 所研究的中潮差海岸对比^[4]。

(1) 滩脊(坝)沟槽体系形成及迁移的初始阶段(图 5a): 在风暴浪作用滨岸期间,波浪卷起沉积在前滨的物质,以悬浮状带向外海,结果前滨后退,滩面变平转缓。风暴高峰期后,波能减弱,大量物质堆积在滨面,在破浪带的涡流作用下,于滨面上形成原始的滩脊(坝)沟槽。

原始滩脊(坝)底平,陆侧与沟槽伴生,剖面上近对称,为水所淹。低潮时,脊顶水浅受涡流作用,堆积粗物质,形成向岸缓倾的前积纹层;随潮水上涨,脊顶水体加深,上冲流带来的细物质通过崩落作用,在滑动面上形成细粒前积纹层。这样在上冲流作用下不断加积过程中,滩脊(坝)沟槽体系向岸迁移。

本阶段滩脊(坝)的层理以低角度的陆倾前积纹层为主,沟槽中浪成波纹层理、流水波纹层理发育。

(2) 高角度板状前积纹层发育阶段(图 5b): 滩脊(坝)沟槽被推至前滨下部,低潮时滩脊(坝)出露水面受到冲洗作用,发育了微型的次生冲洗沙坝,沟槽受沿岸流切蚀;高潮时,滩脊(坝)受冲越流作用,并随潮水上涨涡流作用加强,时而又受到裂流的影响,同时沟槽中沿岸流作用也大大加强。

本阶段滩脊(坝)沉积构造主要为多层系向陆倾的高角度板状前积纹理(倾角达 10—25°)和微向海倾的平坦纹理、冲洗层理(倾角 3—6°)组成(图版 1:4); 沟槽中则以小型流水波纹层理为主。

(3) 冲洗沙坝发育阶段(图 5c): 当滩脊(坝)沟槽迁移至前滨上部时,滩脊(坝)发育较大,其陆侧的滑动面较缓(仅在沟槽附近较陡),暴露水面时间较长。在大潮高潮时,滩脊(坝)才为海水所覆,经受涡流作用,同时沟槽淤浅,有较弱的沿岸流作用;在小潮时,滩

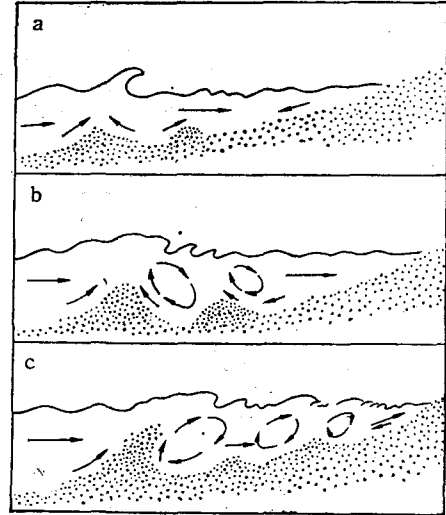


图 4 破浪带涡流的形成与沉积物颗粒运动的关系

Fig.4 The sketch reflecting the relationship of formation of vortices and motion of sediment grains in the breaker zone

a. 波浪传播至海滩,波形前侧变陡、前倾;
b. 波浪进一步前倾,最后碰撞在自由面上,形成涡流;
c. 这个作用过程连续发生,形成多个涡流,并扩散开来。从 a—b—c 随着涡流作用的发生,沉积物颗粒作相应运动,形成滩脊(坝)沟槽体系。

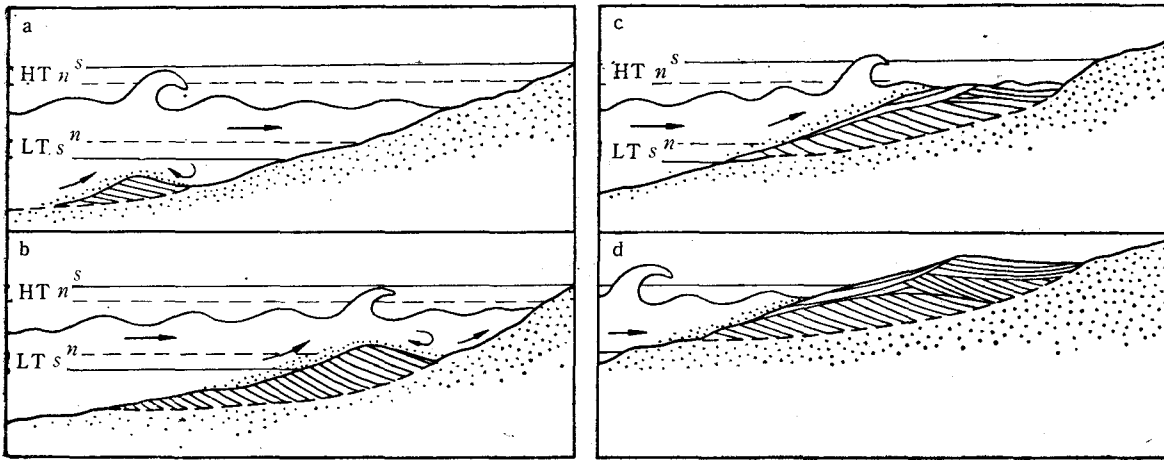


图5 滩脊(坝)沟槽体系发育演化

Fig. 5 The evolution of ridge (bar) and runnel system

脊(坝)出露水面受长期冲洗作用,可发育较大的冲洗沙坝,使滩脊(坝)向海侧变陡(坡度达 6°),这时沟槽可能部分或完全干涸。

本阶段滩脊(坝)沉积构造,向海侧主要为冲洗层理(倾角 4° 左右)(图版 I:3);向陆侧上下部为微向陆倾的平坦纹层,中部为向陆倾的高角度前积纹层(倾角最大可达 11°)。沟槽内主要为小型流水波纹层理和因干涸形成的泥裂构造。

(4) 滩肩形成阶段(图 5d):当滩脊(坝)沟槽体系向陆迁移,与后滨拼接,就形成了滩肩。此时,除风暴潮外,滩脊不再向陆迁移。一般在大潮高潮时受冲越流作用而加积,形成微向陆倾的平坦纹理(图版 I:3),同时沟槽被充填;在小潮高潮时,滩肩向海侧形成了冲洗沙坝,发育大都是向海倾的低角度冲洗层理。

滩肩的形成主要取决于到达后滨面的最大波浪,因为只有最大波浪产生的冲越流,才能越过肩顶,使沉积物堆积并填平沟槽。当风暴浪时,尽管滩肩也向上加积,但总的效应前滨受蚀后退,滩肩会受到侵蚀破坏。

综上所述,滩脊(坝)发育的四个阶段是紧密相连的,而又互为区别的。就其发育的完善程度和各阶段迁移的历时而言,第二、三阶段发育的规模较大,迁移历时也较长,实地观察,本区为数周一数月。

三、滩脊(坝)沟槽体系的垂向层序与保存状况

1. 垂向层序

在地层记录中,欲识别其沉积环境,分析它们的垂向层序极为重要。人工挖掘的剖面显示本区在正常天气条件下滩脊(坝)沟槽体系的垂向层序(图 6)从下至上为:

(1) 由浪成波纹层理和流水波纹层理组成的中-细粒沙层,代表着沿岸沙坝向陆侧的沟槽沉积物(图版 II:1, 2)。

(2) 由高角度向陆倾的板状前积纹层组成的粗-细沙层(图版 I:4),有时还可见以几个形成期分割的若干个冲刷面。这套沉积物底部往往有一冲刷面,下部可出现平行层理,

代表滩脊(坝)沉积。滩脊(坝)向陆方,可见小型流水波纹层理和爬升波纹层理。

(3) 由低角度向海倾的冲洗层理组成的中-细沙层,代表滩脊(坝)向海侧次生冲洗沙坝沉积(图版 II:5)。

(4) 由微向陆倾的平坦纹层、冲洗层理组成的中-细沙层,代表着滩肩沉积(图版 II:3,4)。

上述垂向层序中沉积构造与沉积物粒度分析(图6),都反映了从下至上水动力状态衰减的过程。

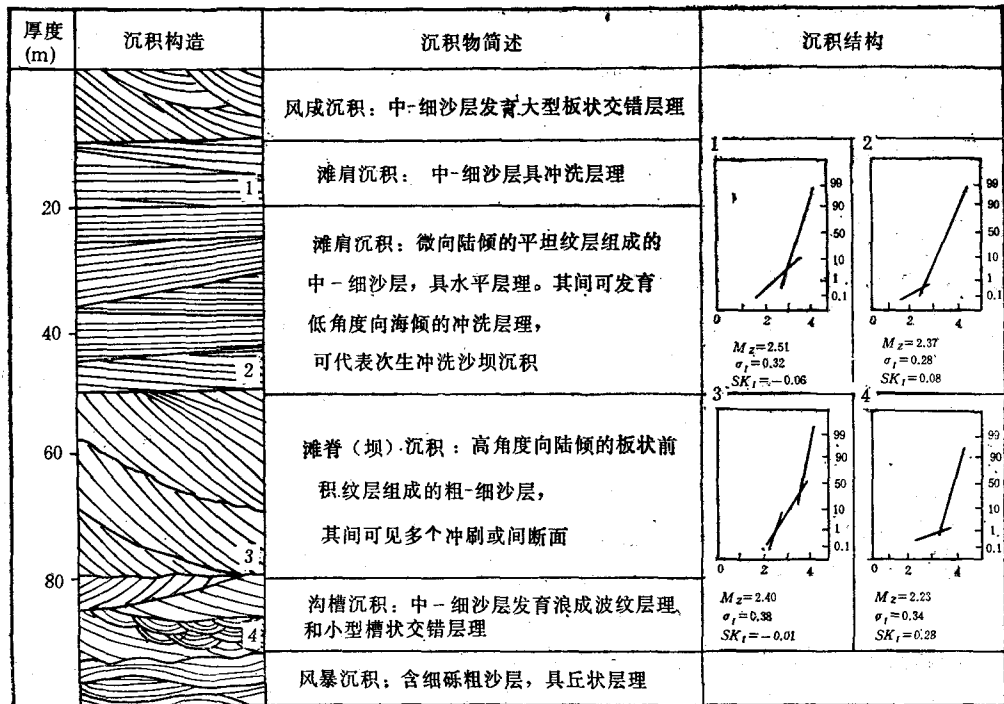


图6 滩脊(坝)沟槽体系垂向层序

Fig. 6 Vertical sequence of a ridge (bar) and runnel system

2. 保存情况

滩脊(坝)沟槽沉积的保存取决于许多因素,针对某一地区应因地、因时作具体分析。本区实地考察得知:

(1) 短期内滩脊(坝)沟槽的堆积与侵蚀和所处的位置、水动力条件有关。在正常天气下,滩脊(坝)沟槽形成初始阶段,因处于下滨面上,水动力较强,沉积难以保存;至第二阶段,滩脊(坝)内部构造受侵蚀,仅下部有可能保存下来,但沟槽沉积大部分被破坏;进入第三阶段,滩脊(坝)沟槽沉积免遭侵蚀的可能性较大,不过冲洗沙坝沉积仍大部分不能保存;到最后阶段,除风暴时遭受侵蚀外,一般都接受沉积,易于保存。可见,短期脊槽体系沉积的保存或得以堆积下来,与在滨岸区所处部位关系较大。

(2) 滩脊(坝)沟槽沉积若长期得以保存,与海平面波动、沉积物的补给,以及风暴浪

的影响关系较大。

海平面波动引起海退与海进均有可能将沉积物保存下来,但海退保存沉积的可能性比海进大,这是因为已形成的滩脊(坝)沟槽沉积物,由于被向海加积的沉积物掩埋而免遭波潮流侵蚀的缘故。舟山地区近 2000—3000 年内海平面有下降波动趋势^[1],在相对海退的情况下,保存滩脊(坝)沟槽沉积的可能性是存在的,这在我们实测的垂向剖面中已得到证实。当然快速海进,也有可能保存滩脊(坝)沟槽沉积,但舟山滨岸的情况看来不属此类。

快速堆积是滨岸沉积得以保存的另一重要条件。Howard 等总结的 Georgia 滨岸就是一例^[5]。但若要快速堆积,须有丰富的物质供应。本区基岩风化的沙粒比较丰富,加之强烈的波浪对基岩的磨蚀作用,为沉积物向海堆积提供了有利条件。

风暴浪的影响也是本区滩脊(坝)沟槽沉积能否保存的重要因素。每年 7—8 月份台风盛行,使滨岸水体掀起巨浪,波高增大,能量增强,对原来脊槽沉积强烈侵蚀和破坏。普陀岛实测的垂向剖面中,风暴沉积占正常沉积比率约 40%,这说明了风暴浪对正常天气沉积破坏、改造的重要性。当然,每次风暴浪的强弱,以及滨岸区不同部位受它不同等级的影响,对滩脊(坝)的保存、改造和破坏亦有差异。

总之,本区正常天气下滩脊(坝)沟槽体系沉积,虽受风暴浪破坏,但仍有一定数量得以保存。

四、结 论

通过海岸调查和室内分析,得出以下结论。

1. 滩脊(坝)沟槽体系在滨岸区是最活跃的沉积单元,其沉积特征是滨岸沉积的典型代表,也是寻找古代类似沉积物的重要标志。尤其是我国海相碎屑岩类分布较广、含油气远景甚大,开展这方面研究无疑对寻找油气资源具重要价值。

2. 滩脊(坝)沟槽体系是在卷跃浪产生涡流作用下形成的,其迁移主要由上冲流作用向岸推移。迁移可划分为四个阶段:(1)原始形成阶段;(2)高角度向陆倾板状前积纹层发育阶段;(3)冲洗沙坝发育阶段;(4)滩肩形成阶段。其中以第二、三阶段形成的滩脊(坝)最具代表性。

3. 滩脊(坝)沟槽体系沉积层序的保存取决于许多因素。短期的堆积和侵蚀与其所处的位置和水动力条件有关;长期的保存与海面波动、快速堆积速度以及风暴浪的影响关系较大。

参 考 文 献

- [1] 严钦尚、项立嵩、张国栋等,1981。舟山普陀岛现代海岸带沉积。地质学报 55(3): 205—214。
- [2] Clifton, H. E., R. E. Hunter and R. L. Phiuiips, 1971. Depositional structures and processes in the non-barred high-energy nearshore. *J. Sediment Petrol.* 41: 651—670.
- [3] Davis, R. A. Jr., 1978. Coastal Sedimentary Environments. N. Y. Springer-Verlag, Berlin. pp. 237—280.
- [4] Dabrio, C. J., 1982. Sedimentary structures generated on the foreshore by migrating ridge and runnel systems on microtidal and mesotidal coasts of S. Spain. *Sediment Geol.* 32(1—2): 141—151.
- [5] Howard, J. D. and R. M. Scott, 1983. Comparison of Pleistocene and Holocene barrier island beach-to-offshore sequences, Georgia and Northeast Florida Coast, U.S.A. *Sediment. Geol.* 34(2-3): 167—183.

- [6] Komar, P. D., 1976. Beach Processes and Sedimentation. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey. pp. 105—106.
- [7] Robert and R. L. Miller, 1976. Role of Vortices in Surf Zone Prediction: Sedimentation and Wave Forces. In: Beach and nearshore sedimentation, ed. Davis, R. A. Jr. and R. L. Ethington. SEPM Tulsa, Oklahoma, U.S.A. pp. 92—115.
- [8] Reineck, H. E. and I. B. Singn, 1980. Depositional Sedimentary Environments, ed., Second Revised and Updated N. Y. Springer-Verlag, Berlin. p. 339.

MIGRATION OF RIDGE (BAR) RUNNEL SYSTEMS AND THE RESULTANT SEDIMENTARY CHARACTERISTICS ON MODERN COAST, ZHOUSHAN ARCHIPELAGO

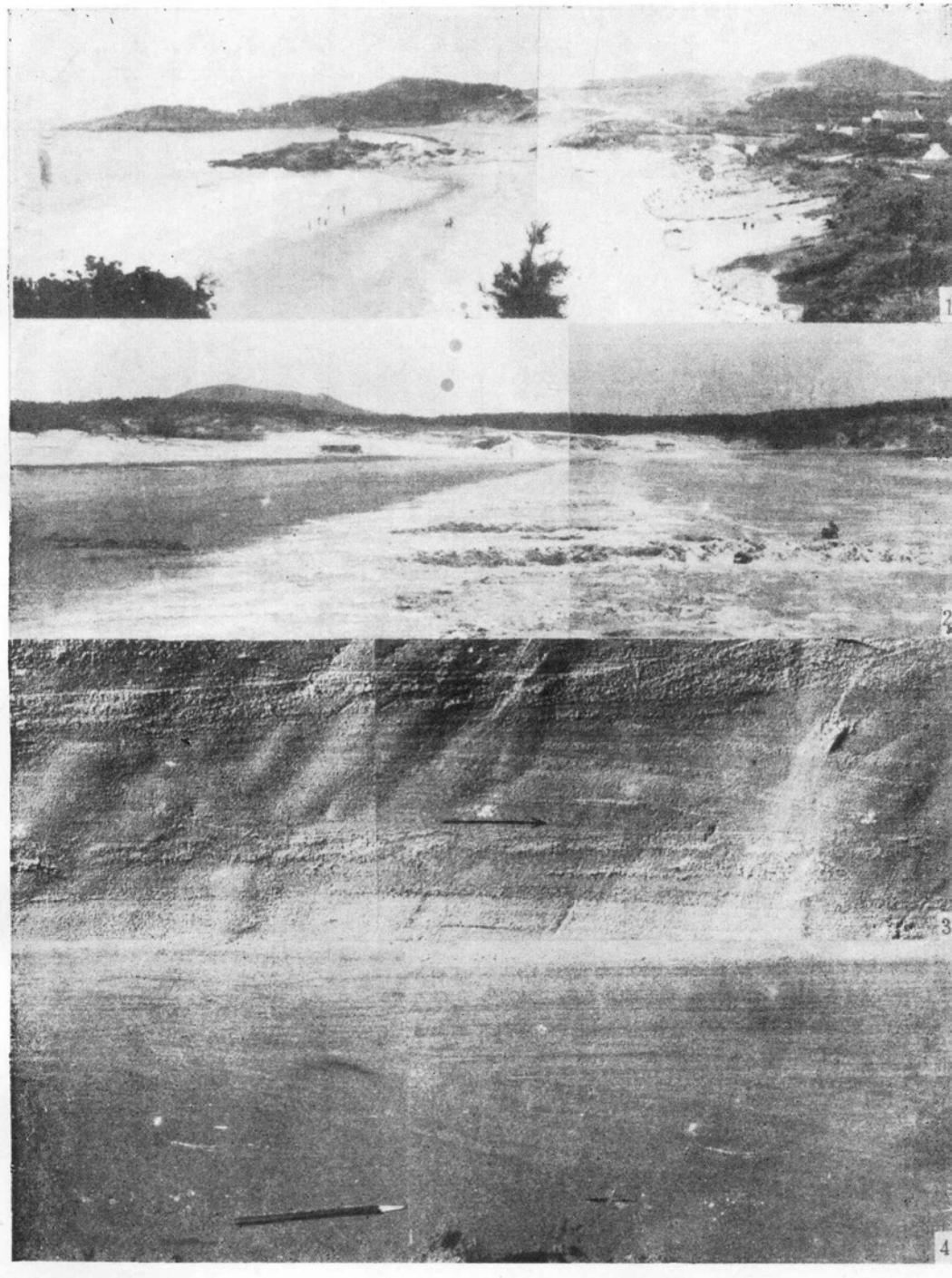
Zhu Jingchang, Zhang Guodong, Wang Yiyou and Yan Jianping

(Tongji University, Shanghai)

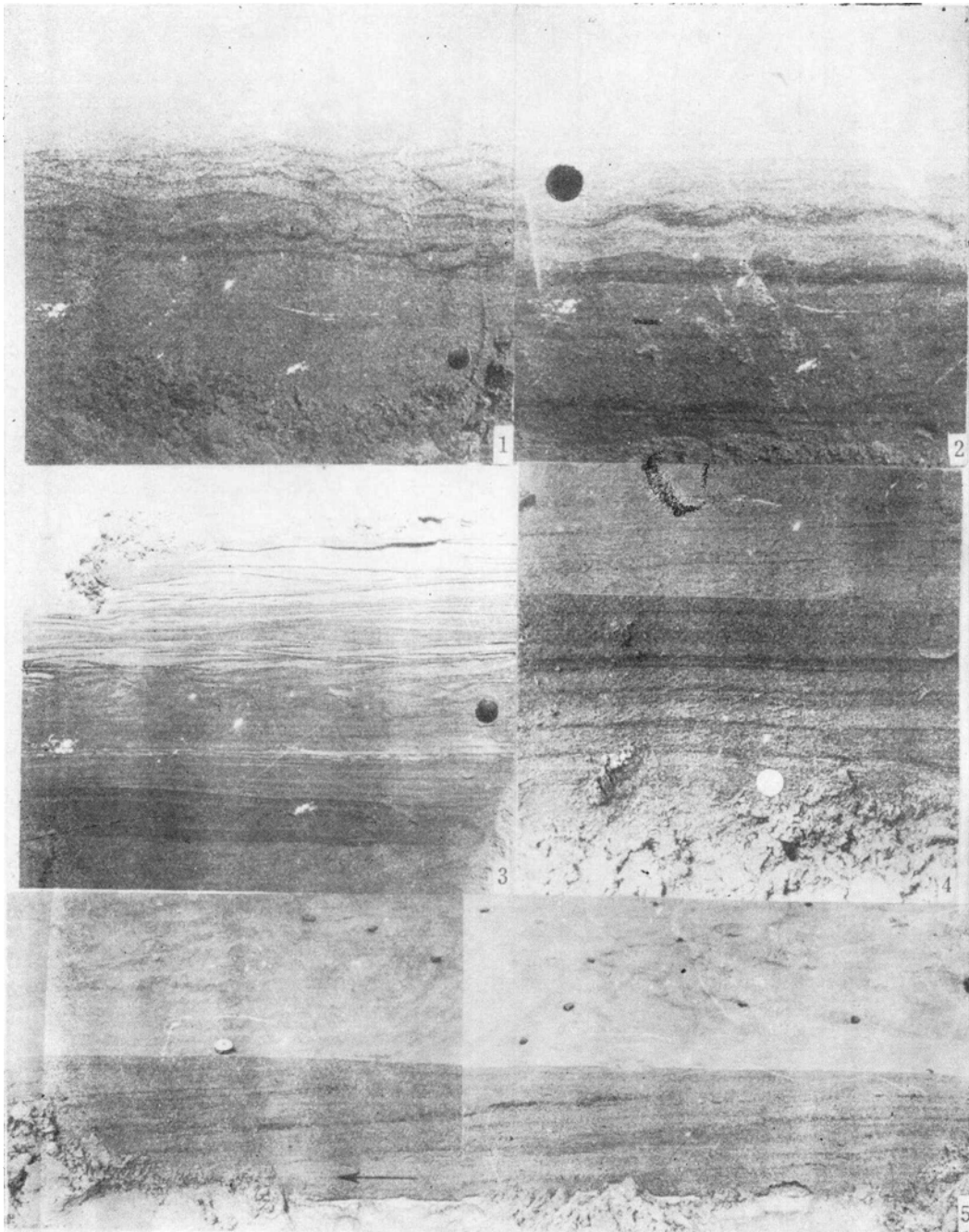
ABSTRACT

A detailed study of high-wave energy, mesotidal coast located in Zhoushan Archipelago has shown that: (1) a ridge (bar) and runnel system is formed by vortices generated by the plunging breaker; (2) after being formed, ridge (bar) and runnel system migrates landward mainly under the accretion of an uprush current; (3) according to the position of a ridge (bar) on the coast, hydrodynamic features, microgeomorphy and sedimentary structures, the landward migration of ridge may be divided into four stages, i.e. initial formation stage of ridge (bar); developmental stage of tabular foreset laminae; developmental stage of swash bars; and formative stage of berm.

Finally, this paper discusses the vertical sequence of a ridge (bar) and runnel system and its preservation. These may provide some evidences for analysing and comparing similar ancient sediments.



1.普陀岛百步沙海滩全景：右侧高地为风成沙丘；向左为后滨、前滨带，以及其间分布的滩脊沟槽体系(黑条带者)；2.朱家尖岛南沙海滩：向右依次为冲洗带、碎浪带、破浪带；3.普陀岛千步沙滩脊沉积中冲洗层理(中间部分，箭头指向海)，上部为微向陆倾的平坦纹理；4.朱家尖岛南沙滩脊沉积中高角度向陆倾的板状前积纹层(铅笔尖指向陆)，其上部为低角度向海倾的冲洗层理。



1,2.朱家尖岛大沙里沟沉积中发育的浪成波纹层理和流水波纹层理；3.朱家尖岛大沙里滩肩沉积中微向陆倾的水平层理；4.朱家尖岛南沙滩肩沉积中的水平层理；5.朱家尖岛东沙前滨下带低角度的向海倾的冲洗层理（箭头指向海）。